

BEST AVAILABLE COPY

特許庁 0-2008-10-1

10/748,159

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 1 年   9 月 2 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 1 - 3 0 4 4 3 5  
Application Number:  
ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 1 - 3 0 4 4 3 5 ]

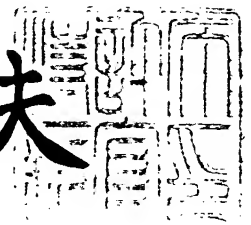
願            人            古河電気工業株式会社  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年   1 月 1 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 A10607

【提出日】 平成13年 9月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/00  
H01S 3/18  
H04B 10/16

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 吉田 順自

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 築地 直樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 木村 俊雄

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103421

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールおよび半導体レーザモジュールを用いた光ファイバ増幅器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、該第 1 の活性層上に配置された第 1 の電極とを少なくとも有し、第 1 のレーザ光を出射する第 1 のストライプ構造と、

前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、該第 2 の活性層上に積層された第 2 の電極とを少なくとも有し、第 2 のレーザ光を出射する第 2 のストライプ構造と、

前記第 1 のストライプ構造上面の一部領域上に形成された、注入電流が流入しない非電流注入領域を有することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記第 1 のストライプ構造上面の他の領域上のみに前記第 1 の電極を配置することで前記非電流注入領域を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間に配置された第 1 のスペーサ層と、

前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間に配置された第 2 のスペーサ層と、

前記第 1 のスペーサ層の一部領域に配置され、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えたレーザ光を選択する第 1 の回折格子と、

前記第 2 のスペーサ層の一部領域に配置され、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えたレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記第 1 の回折格子は、前記非電流注入領域下部に配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載された半導体レーザ装置と、

該半導体レーザ装置から出射された前記第 1 のレーザ光と前記第 2 のレーザ光とが入射され、前記第 1 のレーザ光と前記第 2 のレーザ光との間隔を広げるように分離させる第 1 レンズと、

該第 1 レンズを通過した前記第 1 のレーザ光と前記第 2 のレーザ光のいずれか一方のみが入射され、入射されたレーザ光の偏波面を所定の角度回転させる偏光回転手段と、

前記第 1 レンズまたは前記偏光回転手段からの前記第 1 のレーザ光が入射される第 1 のポートと、前記偏光回転手段または前記第 1 レンズからの前記第 2 のレーザ光が入射される第 2 のポートと、前記第 1 のポートから入射される第 1 のレーザ光と前記第 2 のポートから入射される第 2 のレーザ光とが合波されて出射される第 3 のポートとを有する偏波合成手段と、

該偏波合成手段の前記第 3 のポートから出射されるレーザ光を受光し外部に送出する光ファイバと、

を有することを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置、あるいは請求項 5 に記載の半導体レーザモジュールを用いた励起光源と、

信号光と励起光とを合成するためのカップラと、

増幅用光ファイバと、

を備えたことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 7】 前記増幅用光ファイバは、ラマン増幅により光を増幅することとを特徴とする請求項 6 に記載の光ファイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、2 本のストライプ構造を有する半導体レーザ装置、半導体レーザモジュール、およびこれらを用いた光ファイバ増幅器に関し、特に、小型でしかも製造が容易で、偏光度の小さい高出力動作を可能とする半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールおよびこれを用いた光ファイバ増幅器に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、たとえばラマン増幅を用いた光ファイバ増幅器において、複数の半導体レーザ装置を励起光源として用いることにより、高出力の励起光源を実現し、こ

れを用いて高利得の光ファイバ増幅器を実現できることが知られている。ラマン増幅においては、信号光と励起光の偏波方向が一致している状態で信号光が増幅されるので、信号光と励起光との偏光面のずれの影響を極力小さくする必要がある。そのため、励起光の偏波を解消（非偏光化：デポラライズ）して、偏光度（DOP：Degree Of Polarization）を低減させることがおこなわれている。

#### 【0003】

図15は、WDM通信システムに用いられる従来のラマン増幅器の構成の一例を示すブロック図である。図15において、ファブリペロー型の半導体発光素子180a～180dとファイバグレーティング181a～181dとがそれぞれ対となった半導体レーザモジュール182a～182dは、励起光のもとになるレーザ光を偏波合成カップラ161a, 161bに出力する。各半導体レーザモジュール182a, 182bが出力するレーザ光の波長は同じであるが、偏波合成カップラ161aによって異なる偏波面をもった光を合成している。同様にして、各半導体レーザモジュール182c, 182dが出力するレーザ光の波長は同じであるが、偏波合成カップラ161bによって異なる偏波面をもった光を合成している。偏波合成カップラ161a, 161bは、それぞれ偏波合成したレーザ光をWDMカップラ162に出力する。なお、偏波合成カップラ161a, 161bから出力されるレーザ光の波長は異なる。

#### 【0004】

WDMカップラ162は、アイソレータ160を介して偏波合成カップラ161a, 161bから出力されたレーザ光を合波し、WDMカップラ165を介し、励起光として増幅用ファイバ164に出力する。この励起光が入力された増幅用ファイバ164には、増幅対象の信号光が、信号光入力ファイバ169からアイソレータ163を介して入力され、励起光と合波してラマン増幅される。

#### 【0005】

なお、偏波合成されるレーザ光がそれぞれ異なる半導体素子から出射されることとすると光ファイバ増幅器の製造工程が複雑化し、光ファイバ増幅器のサイズも大型化するという問題が生じる。したがって、一度に2つの発光領域を有する半導体レーザ装置を利用してラマン増幅器を構成する手法が提案されている。こ

の場合、製造工程は簡略となり、また、同一基板上に複数のストライプを構成するため、半導体レーザ装置そのものを小型化することができる。

#### 【0 0 0 6】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、複数のストライプ構造、特に2本のストライプ構造（以下、「Wストライプ構造」と言う）からなる半導体レーザ素子をラマン増幅器に使用した場合、新たな問題が生じる。すなわち、Wストライプ構造からなる半導体レーザ素子を使用した場合には、別々の半導体素子を偏波合成した場合と比較してDOPが低減されないという問題が生じる。

#### 【0 0 0 7】

DOPが低減されない場合、励起光源からのレーザ光の偏光度は解消されない。ラマン増幅器における増幅利得は信号光と同一偏波のレーザ光成分の強度によって決まるため、励起光源からのレーザ光が特定方向に偏波していた場合、信号光の偏波方向によってラマン増幅器における増幅利得が変化することとなる。すなわち、安定した増幅利得を得ることができないため、Wストライプ構造の半導体レーザ素子はラマン増幅器の励起光源として使用することは適当ではない。

#### 【0 0 0 8】

このようにDOPの低減に関して相違が生じる原因として、次のことが考えられる。図15に示すような別個独立の半導体レーザ素子は設計段階における発振波長を同一に設定しても、実際の製造におけるばらつきによって発振波長は完全には同一とならず、ごくわずかながらも発振波長が相違する。これに対してWストライプ構造の場合、実際の製造工程において、エピタキシャル成長および反射端面を形成するための壁開は各ストライプに関して全く同一におこなわれるのが通常である。したがって各ストライプの構造は完全に同一のものとなり、発振波長も完全に同一のものとなる。このような構造上の差異に起因してDOPの低減に差が生じるものと考えられる。

#### 【0 0 0 9】

したがって、Wストライプ構造を有する半導体レーザ素子においてDOPを低減するためには、たとえば各ストライプの共振器長が異なるものとなるように、

壁開による端面形成を別々におこなえばよい。しかし、半導体レーザ素子において各ストライプ間の間隔は数百  $\mu\text{m}$  程度しかないため、別々に壁開をおこなうのは容易ではなく、現実的ではない。

#### 【0 0 1 0】

一方、図 1 5 に示すように別個独立の半導体レーザ素子を偏波合成する構造とすると、DOP を低減させることができ、ラマン利得として信号光の偏波方向とは無関係に安定した増幅利得を得ることができる。しかし、図 1 5 に示す構造のラマン増幅器は、上述したように製造工程が複雑であり、装置全体を小型化することが困難である。

#### 【0 0 1 1】

本発明は、従来技術の上記欠点に鑑みてなされたものであり、ラマン増幅器などの励起用光源に適し、小型でしかも製造が容易で、偏光度の小さい半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールを実現するとともに、これを用いた信号光の偏波方向に依存しない安定かつ高利得増幅を可能とする光ファイバ増幅器を提供することを目的とする。

#### 【0 0 1 2】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項 1 にかかる半導体レーザ装置は、半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、該第 1 の活性層上に配置された第 1 の電極とを少なくとも有し、第 1 のレーザ光を出射する第 1 のストライプ構造と、前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、該第 2 の活性層上に積層された第 2 の電極とを少なくとも有し、第 2 のレーザ光を出射する第 2 のストライプ構造と、前記第 1 のストライプ構造上面の一部領域上に形成された、注入電流が流入しない非電流注入領域を有することを特徴とする。

#### 【0 0 1 3】

この請求項 1 の発明によれば、W ストライプ構造を有する半導体レーザ装置において、一方のストライプ構造上面に非電流注入領域を有することとしたため、双方のストライプ構造における共振器長が異なるものとなり、第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光の発振縦モード間隔および出射波長を異ならせることができる。



## 【0 0 1 4】

また、請求項 2 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 のストライプ構造上面の他の領域上のみに前記第 1 の電極を配置することで前記非電流注入領域を形成することを特徴とする。

## 【0 0 1 5】

この請求項 2 の発明によれば、電極を配置しない領域を設けることにより非電流注入領域を形成することとしたため、簡易に非電流注入領域を形成することができる。

## 【0 0 1 6】

また、請求項 3 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間に配置された第 1 のスペーサ層と、前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間に配置された第 2 のスペーサ層と、前記第 1 のスペーサ層の一部領域に配置され、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えたレーザ光を選択する第 1 の回折格子と、前記第 2 のスペーサ層の一部領域に配置され、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えたレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを有することを特徴とする。

## 【0 0 1 7】

この請求項 3 の発明によれば、回折格子を備えたことで所定の中心波長を有し、複数の発振縦モードを有するレーザ光を選択することができるとともに、非電流注入領域を有することで第 1 のストライプ構造と第 2 のストライプ構造とで異なる中心波長を選択することができるとともに、異なる発振縦モード間隔のレーザ発振を実現することができる。

## 【0 0 1 8】

また、請求項 4 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 の回折格子は、前記非電流注入領域下部に配置されていることを特徴とする。

## 【0 0 1 9】

この請求項 4 の発明によれば、第 1 の回折格子が非電流注入領域下部に配置されていることにより第 1 の回折格子には注入電流が流入せず、屈折率変化も起こらないことから選択する中心波長の変化を小さくすることができる。

## 【0 0 2 0】

また、請求項 5 にかかる半導体レーザモジュールは、請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載された半導体レーザ装置と、該半導体レーザ装置から出射された前記第 1 のレーザ光と前記第 2 のレーザ光とが入射され、前記第 1 のレーザ光と前記第 2 のレーザ光との間隔を広げるように分離させる第 1 レンズと、該第 1 レンズを通過した前記第 1 のレーザ光と前記第 2 のレーザ光のいずれか一方のみが入射され、入射されたレーザ光の偏波面を所定の角度回転させる偏光回転手段と、前記第 1 レンズまたは前記偏光回転手段からの前記第 1 のレーザ光が入射される第 1 のポートと、前記偏光回転手段または前記第 1 レンズからの前記第 2 のレーザ光が入射される第 2 のポートと、前記第 1 のポートから入射される第 1 のレーザ光と前記第 2 のポートから入射される第 2 のレーザ光とが合波されて出射される第 3 のポートとを有する偏波合成手段と、該偏波合成手段の前記第 3 のポートから裸出射されるレーザ光を受光し外部に送出する光ファイバと、を有することを特徴とする。

## 【0 0 2 1】

この請求項 5 の発明によれば、上記の半導体レーザ装置から出射される第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光を偏波合成して光ファイバに出力することにより、DOP が低減されたレーザ光を出射することができる。

## 【0 0 2 2】

また、請求項 6 にかかる光ファイバ増幅器は、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ装置、あるいは請求項 5 に記載の半導体レーザモジュールを用いた励起光源と、信号光と励起光とを合成するためのカップラと、増幅用光ファイバとを備えたことを特徴とする。

## 【0 0 2 3】

この請求項 6 の発明によれば、上記の半導体レーザ装置もしくは半導体レーザモジュールを使用することとしたため、DOP が低減されたレーザ光を励起光として使用した光ファイバ増幅器を提供することができる。

## 【0 0 2 4】

また、請求項 7 にかかる光ファイバ増幅器は、上記の発明において、前記増幅

用光ファイバは、ラマン増幅により光を増幅することを特徴とする。

#### 【0025】

この請求項7の発明によれば、DOPが低減されたレーザ光を励起光として用いることとしたため、ラマン増幅器において信号光の偏波方向に依存しない高い利得を得ることができる。

#### 【0026】

##### 【発明の実施の形態】

以下に図面を参照して、本発明にかかる半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールおよび光ファイバ増幅器の好適な実施の形態について説明する。図面の記載において同一または類似部分には同一あるいは類似な符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、層の厚みと幅との関係、各層の厚みの比率などは現実のものとは異なることに留意する必要がある。また、図面の相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることはもちろんである。

#### 【0027】

##### 実施の形態1.

まず、この発明の実施の形態1にかかる半導体レーザ装置について、説明する。図1は、実施の形態1にかかる半導体レーザ装置の正面断面図を示し、図2は、図1におけるA-A線断面図を示し、図3は、図1におけるB-B線断面図を示す。

#### 【0028】

本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、図1に示すように、 $n$ -InP基板1上に $n$ -InPクラッド層2が積層されている。また、図1におけるA-A線上においては下部GRIN-SCH層3a、活性層4a、上部GRIN-SCH層5aがメサ状に積層されている。これらを総称してストライプ15とする。同様に、B-B線上には下部GRIN-SCH層3b、活性層4b、上部GRIN-SCH層5bがメサ状に積層されている。これらを総称してストライプ16とする。ストライプ15とストライプ16は空間的に分離されており、ストライプ15、ストライプ16以外の部分には $n$ -InPクラッド層2上に $p$ -In

P ブロッキング層 9、n-InP ブロッキング層 10 が順に積層され、注入電流がストライプ 15 およびストライプ 16 にのみ流入する構造となっている。また、上部 GRIN-SCH 層 5a、5b および n-InP ブロッキング層 10 上には p-InP クラッド層 6 が積層され、p-InP クラッド層 6 上には順に p-InGaAsP コンタクト層 7、P 側電極 8 が積層されている。また、n-InP 基板 1 の下面には n 側電極 11 が配置されている。

#### 【0029】

n-InP クラッド層 2 は、バッファ層としての機能およびクラッド層としての機能を果たすためのものである。n-InP クラッド層 2 および p-InP クラッド層 6 によってストライプ 15、ストライプ 16 を上下から挟み込むことで本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置はダブルヘテロ構造を有し、キャリアを効果的に閉じ込めることで高い発光効率を有する。

#### 【0030】

活性層 4a、4b は、たとえば、n-InP 基板 1 に対する格子不整合率が 0.5 パーセントから 1.5 パーセントの範囲において圧縮歪み量子井戸構造を採用し、かつ井戸数が 5 個程度の多重量子井戸構造を使用するのが、高出力化の観点から有利である。また、歪み量子井戸構造として、その障壁層を井戸層の歪みと反対の引っ張り歪みを導入してなる歪み補償構造とすれば、等価的に格子整合条件を満たすことができるため、井戸層の格子不整合度に関しては上限を設けることは必要ではない。

#### 【0031】

ストライプ 15 は下部 GRIN-SCH 層 3a、活性層 4a、上部 GRIN-SCH 層 5a の積層構造からなり、いわゆる GRIN-SCH-MQW (Graded Index-Separate Confinement Hetero structure Multi Quantum Well: 分布屈折率分離閉じこめ単一量子井戸) 活性層を形成する。これにより、より効果的にキャリアを閉じ込めることが可能で、本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置はダブルヘテロ構造とあわせて高い発光効率を有する。このことはストライプ 16 についてもあてはまる。

#### 【0032】

A-A線断面の構造は、図2に示す通りである。出射側端面（図2における右側端面）の全面において低反射膜13が配置され、反射側端面（図2における左側端面）の全面において高反射膜12が配置されている。また、p-InGaAsPコンタクト層7上には、全面に渡ってP側電極8aが配置されている。

#### 【0033】

高反射膜12は、反射率80パーセント以上、好ましくは98パーセント以上の光反射率を有する。一方、低反射膜13は、出射側端面におけるレーザ光の反射を防止するためのものである。したがって、低反射膜13は反射率の低い膜構造からなり、光反射率は5パーセント以下、望ましくは1パーセント程度の膜構造からなる。ただし、これらの低反射膜13は、共振器長に応じて最適化される。

#### 【0034】

B-B線断面の構造は、図3に示す通りである。出射側端面に低反射膜13が配置され、反射側端面において高反射膜12が配置された構造はA-A線断面と同様である。また、p-InGaAsPコンタクト層7上には、一部領域を除いてP側電極8bが配置されている。

#### 【0035】

本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、P側電極8から電流が注入されることにより、ストライプ15、ストライプ16においてキャリアの発光再結合が生じる。これにより生じた光が高反射膜12および低反射膜13によって形成される共振器によって増幅され、誘導放出を生じることによりレーザ光が低反射膜13から出射される。

#### 【0036】

ここで、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、ストライプ15とストライプ16において、実効的な共振器長が異なる。すなわち、ストライプ15におけるP側電極8aは、図2に示すようにp-InGaAsPコンタクト層7上に全面に渡って配置されている。一方、ストライプ16においては、P側電極8bは図3で示すように、p-InGaAsPコンタクト層7上に全面ではなく一部領域についてのみ配置されている。したがって、レーザ発振をおこなう際に注

入される電流はストライプ 1 6 においては P 側電極 8 b 下部に対してのみ流れ、P 側電極 8 b が配置されていない領域の下部においては注入電流は流れない。

#### 【0 0 3 7】

ここで、半導体単結晶における屈折率は、単結晶内部を流れる電流によって変化する。一般に、流れる電流が大きいほど半導体単結晶の屈折率は大きくなる。したがって、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置は、レーザ発振時において、注入電流の存在のためにストライプ 1 5、ストライプ 1 6 を構成する半導体単結晶の屈折率が変動する。

#### 【0 0 3 8】

一方、本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置は、ストライプ 1 5 では全体に渡って注入電流が流入するのに対して、ストライプ 1 6 では一部領域には注入電流は流入しない。したがって、ストライプ 1 5 を構成する半導体単結晶は全体に渡って屈折率が変化するのに対して、ストライプ 1 6 は一部領域において屈折率の変化が起こらない。そのため、ストライプ 1 5 およびストライプ 1 6 は、物理的な共振器長は同一であるが、屈折率を加味した光路長においては相違することになる。半導体レーザ装置の発振波長および発振縦モード間隔は屈折率を加味した実効的な共振器長によって規定されるため、本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置のストライプ 1 5、ストライプ 1 6 から発振されるレーザ光の波長および発振縦モード間隔は、光路長の差に応じて異なることとなる。

#### 【0 0 3 9】

従来の W ストライプ構造を有する半導体レーザ装置は、各ストライプの物理的な共振器長は等しく、かつ、注入電流も各ストライプにおいて均等に流入するように構成されていた。そのため、各ストライプから出射されるレーザ光の波長は完全に同一であった。一方、本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置では、ストライプ 1 5 から出射されるレーザ光の波長とストライプ 1 6 から出射されるレーザ光の波長はわずかではあるが異なった値となる。これは、従来の W ストライプ構造を有する半導体レーザ装置よりはむしろ、別個独立の半導体発光素子を組み合わせた場合に相当する。したがって、本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置は従来の W ストライプ構造を有する半導体レーザ装置と相違して、DOP を

低減することが期待される。

#### 【0 0 4 0】

実際に、本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置を励起光源としてラマン増幅器に使用した結果、信号光の偏波方向に関わらずほぼ一定の増幅利得を得ることが本願発明に関する発明者等によって確認されている。したがって、本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置は、ラマン増幅器における励起光源に適したものであるということが出来る。

#### 【0 0 4 1】

また、本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置は、ストライプ 1 5 の構造とストライプ 1 6 は P 側電極 8 a、8 b を除けば同一構造からなる。したがって、本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置は、製造が容易であるという利点も有する。すなわち、非電流注入領域 1 4 の形成予定領域について電極を配置しない点およびコンタクト層を除去する点のみが従来の半導体レーザ装置の製造方法と異なり、他の工程については全く同一におこなうことで本実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置を製造することができる。したがって、従来の製造装置を用いて簡易に製造することができるという利点も有する。

#### 【0 0 4 2】

次に、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置の変形例について、説明する。図 4 は、実施の形態 1 の変形例である半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。この変形例では、ストライプ 1 5 とストライプ 1 6 との間に、P 側電極 8 から n - I n P クラッド層 2 の深さにまで及ぶ分離溝 2 1 を形成し、その分離溝 2 1 の表面を絶縁膜 2 0 で被覆することにより、ストライプ 1 5 とストライプ 1 6 とを電氣的に分離することができる。このような半導体レーザ装置をラマン増幅器の励起光源として使用した場合、2 つのストライプに供給する注入電流を独立に制御することが可能となり、偏波合成されたレーザ光について D O P を低減することがさらに容易となる。

#### 【0 0 4 3】

なお、本実施の形態 1 では、ファブリペロー型の半導体レーザ装置について説明したが、D F B、D B R 等の波長選択手段を具備した半導体レーザ装置に対し

ても上記の構造を適用することが可能である。このような半導体レーザ装置を使用した場合、ラマン増幅器の励起光源に使用する際に波長選択のためのファイバグレーティングを使用しなくとも発振波長が安定化された光出力を得ることが可能となる。

#### 【 0 0 4 4 】

実施の形態 2.

次に、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置について説明する。実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置において、実施の形態 1 と同一の符号を付した部分については構造、機能ともに実施の形態 1 における対応部分と同様であるため説明を省略する。

#### 【 0 0 4 5 】

図 5 は、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。図 5 に示すとおり、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置は、ストライプ 1 8 a において上部 G R I N - S C H 層 5 a 上に p - I n P スペーサ層 1 7 a が積層され、ストライプ 1 8 b において上部 G R I N - S C H 層 5 b 上に p - I n P スペーサ層 1 7 b が積層された構造を有する。

#### 【 0 0 4 6 】

図 6 ( a ) は、図 5 における A - A 線断面図を示す。これによると、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置は、p - I n P スペーサ層 1 7 a 内の一部領域において回折格子 2 3 a が配置された構造を有する。また、図 6 ( b ) は、図 5 における B - B 線断面図を示し、p - I n P スペーサ層 1 7 b 内の一部領域において回折格子 2 3 b が配置されていることを示す。

#### 【 0 0 4 7 】

これら回折格子 2 3 a 、 2 3 b は、p - I n G a A s P によって構成されており、それぞれ膜厚 2 0 n m 、レーザ出射方向 ( 図 6 ( a ) 、 ( b ) における横方向 ) に 5 0  $\mu$  m の長さを有する。また、各回折格子の周期は 2 2 0 n m で単一の周期を有する。そのため、中心波長 1 4 8 0 n m の複数の発振縦モードを有するレーザ光を選択することができる。

#### 【 0 0 4 8 】



また、ストライプ18aにおいては図6(a)に示すとおりP側電極8aがp-I n G a A s Pコンタクト層7上に全面に渡って配置されており、ストライプ18bにおいては図6(b)に示すように、P側電極8bはp-I n G a A s Pコンタクト層7上の一部領域に配置されており、P側電極8bが配置されない領域は非電流注入領域14を形成する。

#### 【0049】

まず、本実施の形態2において、回折格子23a、23bを設けたことによる特徴について、図7、図8を用いて説明する。なお、簡単のため、ここでは本実施の形態2にかかる半導体レーザ装置はストライプ18aについてのみ注入電流が流入するものとする。

#### 【0050】

この実施の形態2における半導体レーザ装置は、ラマン増幅器の励起用光源として用いられることを前提とし、その発振波長 $\lambda_0$ は、1100nm～1550nmであり、共振器長Lは、800 $\mu$ m以上3200 $\mu$ m以下としている。ところで、一般に、半導体レーザ装置の共振器によって発生する縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は、実効屈折率を「n」とすると、次式で表すことができる。すなわち、

$$\Delta\lambda = \lambda_0^2 / (2 \cdot n \cdot L)$$

である。ここで、発振波長 $\lambda_0$ を1480nmとし、実効屈折率を3.5とすると、共振器長Lが800 $\mu$ mのとき、縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は、約0.39nmとなり、共振器長が3200 $\mu$ mのとき、縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は、約0.1nmとなる。すなわち、共振器長Lを長くすればするほど、縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は狭くなり、単一縦モードのレーザ光を発振するための選択条件が厳しくなる。

#### 【0051】

一方、本実施の形態2において、回折格子23aは、そのブラッグ波長によって縦モードを選択する。この回折格子23aによる選択波長特性は、図7に示す発振波長スペクトル30として表される。

#### 【0052】

図7に示すように、本実施の形態2では、回折格子を有した半導体レーザ装置

による発振波長スペクトル 30 の半値幅  $\Delta\lambda_h$  で示される波長選択特性内に、発振縦モードを複数存在させるようにしている。従来の DBR (Distributed Bragg Reflector) 半導体レーザ装置あるいは DFB (Distributed Feedback) 半導体レーザ装置では、共振器長  $L$  を  $800\mu\text{m}$  以上とすると、単一縦モード発振が困難であったため、かかる共振器長  $L$  を有した半導体レーザ装置は用いられなかった。しかしながら、この実施の形態 2 の半導体レーザ装置では、共振器長  $L$  を積極的に  $800\mu\text{m}$  以上とすることによって、発振波長スペクトルの半値幅  $\Delta\lambda_h$  内に複数の発振縦モードを含ませてレーザ出力するようにしている。図 7 では、発振波長スペクトルの半値幅  $\Delta\lambda_h$  内に 3 つの発振縦モード 31 ~ 33 を有している。

#### 【0053】

複数の発振縦モードを有するレーザ光を用いると、単一縦モードのレーザ光を用いた場合に比して、レーザ出力のピーク値を抑えて、高いレーザ出力値を得ることができる。たとえば、この実施の形態 2 に示した半導体レーザ装置では、図 8 (b) に示すプロファイルを有し、低いピーク値で高レーザ出力を得ることができる。これに対し、図 8 (a) は、同じレーザ出力を得る場合の単一縦モード発振の半導体レーザ装置のプロファイルであり、高いピーク値を有している。

#### 【0054】

ここで、半導体レーザ装置をラマン増幅器の励起用光源として用いる場合、ラマン利得を大きくするために励起光出力パワーを増大することが好ましいが、そのピーク値が高いと、誘導ブリルアン散乱が発生し、雑音が増加するという不具合が発生する。誘導ブリルアン散乱の発生は、誘導ブリルアン散乱が発生する閾値  $P_{th}$  を有し、同じレーザ出力パワーを得る場合、図 8 (b) に示すように、複数の発振縦モードを持たせ、そのピーク値を抑えることによって、誘導ブリルアン散乱の閾値  $P_{th}$  内で、高い励起光出力パワーを得ることができ、その結果、高いラマン利得を得ることが可能となる。

#### 【0055】

また、発振縦モード 31 ~ 33 の波長間隔 (モード間隔)  $\Delta\lambda$  は、 $0.1\text{nm}$  以上としている。これは、半導体レーザ装置をラマン増幅器の励起用光源として

用いる場合、モード間隔 $\Delta\lambda$ が0.1nm以下であると、誘導ブリルアン散乱が発生する可能性が高くなるからである。この結果、上述したモード間隔 $\Delta\lambda$ の式によって、上述した共振器長Lが3200 $\mu$ m以下であることが好ましいことになる。

#### 【0056】

このような観点から、発振波長スペクトル30の半値幅 $\Delta\lambda_h$ 内に含まれる発振縦モードの本数は、複数であることが望ましい。ところで、ラマン増幅では、増幅利得に偏波依存性があるため、信号光の偏波方向と励起光の偏波方向とのずれによる影響を小さくする必要がある。このための方法として、励起光を無偏光化（デポラライズ）する方法があり、具体的には、2台の半導体レーザ装置からの出力光を合波する方法のほか、デポラライザとして所定長の偏波面保持ファイバを用いて、1台の半導体レーザ装置から出射されたレーザ光を、この偏波面保持ファイバに伝搬させる方法がある。無偏光化の方法として、後者の方法を使用する場合には、発振縦モードの本数が増大するに従ってレーザ光のコヒーレンシーが低くなるので、無偏光化に必要な偏波面保持ファイバの長さを短くすることができる。特に、発振縦モードが4、5本となると、急激に、必要な偏波面保持ファイバの長さが短くなる。従って、ラマン増幅器に使用するために半導体レーザ装置から出射されるレーザ光を無偏光化する場合に、2台の半導体レーザ装置の出射光を偏波合成して利用しなくても、1台の半導体レーザ装置の出射レーザ光を無偏光化して利用することが容易となるので、ラマン増幅器に使用される部品数の削減、小型化を促進することができる。

#### 【0057】

ここで、発振波長スペクトル幅が広すぎると、波長合成カプラによる合波ロスが大きくなるとともに、発振波長スペクトル幅内における波長の動きによって、雑音や利得変動を発生させることになる。このため、発振波長スペクトル30の半値幅 $\Delta\lambda_h$ は、3nm以下、好ましくは2nm以下とする必要がある。

#### 【0058】

さらに、従来の半導体レーザ装置では、ファイバグレーティングを用いた半導体レーザモジュールとしていたため、ファイバグレーティングと光反射面との間

の共振によって相対強度雑音 (RIN) が大きくなり、安定したラマン増幅を行うことができないが、この実施の形態 2 に示した半導体レーザ装置では、ファイバグレーティングを用いず、低反射膜 13 から出射したレーザ光をそのまま、ラマン増幅器の励起用光源として用いているため、相対強度雑音が小さくなり、その結果、ラマン利得の揺らぎが小さくなり、安定したラマン増幅を行わせることができる。

#### 【0059】

以上述べたように回折格子を設けることによる利点が多数存在するが、本実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置では、P 側電極 8a、8b の構造とあわせてさらに利点を有する。以下にこのことについて説明する。

#### 【0060】

既に上述したとおり、一般に半導体単結晶は内部を流れる電流によってその屈折率が変化する。ストライプ 18a は全面に渡って P 側電極 8a が配置されていることから、全域に渡って屈折率が変化する。回折格子 23a も例外ではなく、屈折率が変化するために光路長が変化し、実効的な周期も変化する。したがって、回折格子 23a によって選択される中心波長および縦モードは実際には 1480 nm から若干ずれた値となる。

#### 【0061】

一方で、ストライプ 18b は非電流注入領域 14 を有し、その下部には回折格子 23b が配置されている。したがって、注入電流は回折格子 23b に対して流入せず、回折格子 23b の屈折率は変化しないことから、選択する中心波長も 1480 nm のままである。このことから、ストライプ 18a で選択される複数の発振縦モードを有するレーザ光と、ストライプ 18b で選択される複数の発振縦モードを有するレーザ光は、中心波長および縦モード間隔が異なるものとなる。

#### 【0062】

図 9 は、このことを模式的に表したグラフ図である。図 9 において、回折格子 23a は、波長  $\lambda_1$  の発振波長スペクトルを形成し、この発振波長スペクトル内に 3 本の発振縦モードを選択するものとする。一方、回折格子 23b は、波長  $\lambda_2$  の発振波長スペクトルを形成し、この発振波長スペクトル内に 3 本の発振縦

モードを形成する。また、図9においては、中心波長 $\lambda_1$ の短波長側の発振縦モードと、中心波長 $\lambda_2$ の超波長側の発振縦モードとが重なり合う構成となっている。

#### 【0063】

したがって、回折格子23a、23bによって生じる複合発振波長スペクトル45は、内部に4～5本の発振縦モードを含むこととなる。この結果、単一の中心波長に基づく複数の発振縦モードを形成するときに比べ、一層多くの発振縦モードを容易に選択出力することができ、光出力の増大をもたらすことができる。

#### 【0064】

なお、上述のように、本実施の形態2にかかる半導体レーザ装置は、ストライプ18aから出射するレーザ光と、ストライプ18bから出射するレーザ光が、それぞれ波長が異なるものとなる。したがって実施の形態1と同様に、DOPを十分低減できるためにラマン増幅器の励起光源として使用することが可能である。2つの異なる半導体レーザ装置を偏波合成する場合と比較して製造工程が簡易化し、装置を小型化することができるのも、実施の形態1と同様である。

#### 【0065】

実施の形態3.

次に、実施の形態3について説明する。実施の形態3にかかる半導体レーザモジュールは、実施の形態1にかかる半導体レーザ装置を使用した半導体レーザモジュールである。

#### 【0066】

図10は、実施の形態3に係る半導体レーザモジュールの構成を示す側面断面図、図11は本発明の第1の実施の形態例に係る半導体レーザモジュールの構成を模式化して示す説明図である。

#### 【0067】

図10に示すように、実施の形態3に係る半導体レーザモジュールは、内部を気密封止したパッケージ51と、そのパッケージ51内に設けられ、レーザ光を出射する半導体レーザ装置52と、フォトダイオード53と、第1レンズ54と、プリズム55と、半波長板（偏光回転手段）56と、偏波合成部材（PBC:

Polarization Beam Combiner) 5 7 と、光ファイバ 5 8 とを有する。

#### 【0 0 6 8】

半導体レーザ装置 5 2 は、図 1 1 に示すように、間隔を隔てて長手方向に互いに同一平面上に平行に形成されたストライプ 1 5 及びストライプ 1 6 を有し、ストライプ 1 5 及びストライプ 1 6 の端面からそれぞれ第 1 のレーザ光 K 1 及び第 2 のレーザ光 K 2 を出射する。図 1 1 中に示す K 1 及び K 2 は、それぞれストライプ 1 5 及びストライプ 1 6 から出射されるビームの中心の軌跡を示す。ビームは、図 1 1 に破線で示すように、この中心のまわりにある広がりをもって伝搬する。ストライプ 1 5 及びストライプ 1 6 との間隔は、例えば約  $40\ \mu\text{m}$  程度である。

#### 【0 0 6 9】

半導体レーザ装置 5 2 はチップキャリア 6 1 上に固定して取り付けられる。なお、半導体レーザ装置 5 2 は、ヒートシンク（図示せず）上に固定して取り付けられ、そのヒートシンクがチップキャリア 6 1 上に固定して取り付けられていてもよい。

#### 【0 0 7 0】

フォトダイオード 5 3 は、半導体レーザ装置 5 2 の後側（図 1 0 では左側）端面 2 b から出射されたモニタ用のレーザ光を受光する。フォトダイオード 5 3 は、フォトダイオードキャリア 6 2 に固定して取り付けられている。

#### 【0 0 7 1】

第 1 レンズ 5 4 は、半導体レーザ装置 5 2 の前側（図 1 0 では右側）端面 2 a から出射された第 1 のレーザ光 K 1 と第 2 のレーザ光 K 2 とが入射され、第 1 のレーザ光 K 1 と第 2 のレーザ光 K 2 との間隔を広げるように、それぞれの光を異なる焦点位置（F 1, F 2）に集光させる作用をもつ。

#### 【0 0 7 2】

第 1 レンズ 5 4 は、第 1 のレンズ保持部材 6 3 によって保持されている。第 1 レンズ 5 4 は、ストライプ 1 5 から出射された第 1 のレーザ光 K 1 の光軸とストライプ 1 6 から出射された第 2 のレーザ光 K 2 の光軸とが、第 1 レンズ 5 4 の中心軸を挟んでほぼ対称になるように位置決めされるのが好ましい。これによって

、第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2が、ともに収差の小さい領域である第1レンズ54の中心軸近傍を通過するため、レーザ光の波面の乱れがなくなり、光ファイバ58との光結合効率が高くなる。その結果、より高出力の半導体レーザモジュールが得られる。なお、球面収差の影響を抑えるためには、第1レンズ54は、球面収差が小さく光ファイバ58との結合効率が高くなる非球面レンズを用いるのが好ましい。

#### 【0073】

プリズム55は、第1レンズ54と偏波合成部材57との間に配設され、入射された第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2を、互いの光軸をほぼ平行にして出射する。プリズム55は、BX7（ホウケイ酸クラウンガラス）等の光学ガラスで作られている。第1レンズ54から非平行に伝搬する第1及び第2のレーザ光K1、K2の光軸が、プリズム55の屈折により平行とされているため、このプリズム55の後方に配置される偏波合成部材57の作製が容易になるとともに、偏波合成部材57を小型化し半導体レーザモジュールを小型にすることが可能となる。

#### 【0074】

図12（a）はプリズム55の構成を示す側面図、（b）はその平面図である。図12に示すように、プリズム55は、その全長L1が約1.0mmであり、平坦状に形成された入射面55aと、所定角度 $\theta$ （ $\theta$ は $32.1^\circ \pm 0.1^\circ$ ）に傾斜した出射面55bを有する。

#### 【0075】

半波長板56は、プリズム55を通過した第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2のうち、第1のレーザ光K1のみが入射され、入射された第1のレーザ光K1の偏波面を90度回転させる。

#### 【0076】

偏波合成部材57は、第1のレーザ光K1が入射される第1のポート57aと、第2のレーザ光K2が入射される第2のポート57bと、第1のポート57aから入射される第1のレーザ光K1と第2のポート57bから入射される第2のレーザ光K2とが合波されて出射される第3のポート57cとを有する。偏波合

成部材 57 は、例えば、第 1 のレーザ光 K1 を常光線として第 3 のポート 57c に伝搬させるとともに、第 2 のレーザ光 K2 を異常光線として第 3 のポート 57c に伝搬させる複屈折素子である。偏波合成部材 57 が複屈折素子の場合、複屈折率性が高くレーザ光間の分離幅を大きくとれるように、例えば  $\text{TiO}_2$  (ルチル) で作られる。

#### 【0077】

本実施形態例においてはプリズム 55、半波長板 56 及び偏波合成部材 57 は、同一のホルダ部材 64 に固定されている。図 13 (a) はプリズム 55、半波長板 56 及び偏波合成部材 57 を固定するホルダ部材 64 を示す平面図、(b) はその側面断面図、(c) はその正面図である。図 13 に示すように、ホルダ部材 64 は、YAG レーザ溶接が可能な材料 (例えば SUS 403, 304 等) で作られ、その全長  $L_2$  は約 7.0 mm であり、全体がほぼ円柱状に形成されている。ホルダ部材 64 の内部に収容部 14a が形成され、その収容部 14a にプリズム 55、半波長板 56 及び偏波合成部材 57 がそれぞれ固定される。ホルダ部材 64 の上部は開口され、その下部は平坦状に形成されている。

#### 【0078】

これによって、偏波合成部材 57 の第 1 のポート 57a から入射する第 1 のレーザ光 K1 及び第 2 のポート 57b から入射する第 2 のレーザ光 K2 をともに第 3 のポート 57c から出射するように、プリズム 55、偏波合成部材 57 の中心軸 C1 周りの位置を調整することが非常に容易になる。

#### 【0079】

光ファイバ 58 は、偏波合成部材 57 の第 3 のポート 57c から出射されるレーザ光を受光し外部に送出する。光ファイバ 58 には、図 11 に示すように、所定の波長帯の光を反射するファイバグレーティングからなる光反射部 65 が設けられている。この光反射部 65 によって、所定波長の光で半導体レーザ装置 52 に帰還され、半導体レーザ装置 52 の発振波長が固定されるとともに、発振スペクトル幅を狭くすることができる。従って、この半導体レーザモジュールからの出力光を、波長合成カップラ (WDM) により合波して、エルビウムドープ光ファイバ増幅器やラマン増幅器の励起光源として用いた場合には、波長合成カップラの



損失を低く抑えて高出力の合波光を得ることができるとともに、ラマン増幅器に使用した場合には、ラマン増幅の利得変動を抑えることができる。光反射部 6 5 は、例えばフェーズマスクを介して干渉縞となった紫外光を光ファイバ 5 8 のコア部に照射することによって周期的に屈折率の変化を生じさせて形成される。

#### 【0080】

偏波合成部材 5 7 と光ファイバ 5 8 との間には、偏波合成部材 5 7 の第 3 のポート 5 7 c から出射されるレーザ光を光ファイバ 5 8 に光結合させる第 2 レンズ 6 6 が配設されている。第 1 のレーザ光 K 1 及び第 2 のレーザ光 K 2 は、第 1 レンズ 5 4 と第 2 レンズ 6 6 との間で焦点 (F 1, F 2) を結ぶように第 1 レンズ 5 4 が位置合わせされている。これによって、第 1 のレーザ光 K 1 及び第 2 のレーザ光 K 2 が第 1 レンズ 5 4 を通過後、分離する (図 1 1 中の距離 D ' が十分大きな値となる) ために必要な伝搬距離 L が短くなるため、半導体レーザモジュールの光軸方向の長さを短くすることができる。その結果、例えば高温環境下における半導体レーザ装置 5 2 と光ファイバ 5 8 との光結合の径時安定性が優れた、信頼性の高い半導体レーザモジュールを提供できる。

#### 【0081】

半導体レーザ装置 5 2 を固定したチップキャリア 6 1 と、フォトダイオード 5 3 を固定したフォトダイオードキャリア 6 2 とは、断面ほぼ L 字形状の第 1 の基台 6 7 上に半田付けして固定される。第 1 の基台 6 7 は、半導体レーザ装置 5 2 の発熱に対する放熱性を高めるために Cu W 系合金等で作られているのが好ましい。

#### 【0082】

第 1 レンズ 5 4 を固定した第 1 のレンズ保持部材 6 3 と、プリズム 5 5、半波長板 5 6 及び偏波合成部材 5 7 を固定したホルダ部材 6 4 とは、第 2 の基台 6 8 上にそれぞれ第 1 の支持部材 6 9 a 及び第 2 の支持部材 6 9 b を介して Y A G レーザ溶接により固定される。このため、第 2 の基台 6 8 は、溶接性の老巧なステンレス鋼等で作られているのが好ましい。また、第 2 の基台 6 8 は、第 1 の基台 6 7 の平坦部 6 7 a 上に銀ろう付けして固定される。

#### 【0083】

第 1 の基台 6 7 の下部にはペルチェ素子からなる冷却装置 7 0 が設けられている。半導体レーザ装置 5 2 からの発熱による温度上昇はチップキャリア 6 1 上に設けられたサーミスタ 7 0 a によって検出され、サーミスタ 7 0 a より検出された温度が一定温度になるように、冷却装置 7 0 が制御される。これによって、半導体レーザ装置 5 2 のレーザ出力を高出力化かつ安定化させることができる。

#### 【0084】

パッケージ 5 1 の側部に形成されたフランジ部 5 1 a の内部には、偏波合成部材 5 7 を通過した光が入射する窓部 5 1 b が設けられ、フランジ部 5 1 a の端面には中間部材 5 1 d が固定されている。中間部材 5 1 d 内にはレーザ光を集光する第 2 レンズ 6 6 を保持する第 2 のレンズ保持部材 7 1 が Y A G レーザ溶接により固定されている。第 2 のレンズ保持部材 7 1 の端部には金属製のスライドリング 7 2 が Y A G レーザ溶接により固定される。

#### 【0085】

光ファイバ 5 8 はフェルール 7 3 によって保持され、そのフェルール 7 3 は、スライドリング 7 2 の内部に Y A G レーザ溶接により固定されている。

#### 【0086】

次に、実施の形態 3 に係る半導体レーザモジュールの動作について説明する。

#### 【0087】

半導体レーザ装置 5 2 のストライプ 1 5 及びストライプ 1 6 の前側端面 2 a からそれぞれ出射された第 1 のレーザ光 K 1 及び第 2 のレーザ光 K 2 は、第 1 レンズ 5 4 を通過し、交差した後、間隔が広がりプリズム 5 5 に入射される。プリズム 5 5 に入射した時の第 1 のレーザ光 K 1 と第 2 のレーザ光 K 2 との間隔 (D) は約  $460\mu\text{m}$  である。プリズム 5 5 によって第 1 のレーザ光 K 1 と第 2 のレーザ光は平行となって出射し (両者の間隔は約  $500\mu\text{m}$  になる)、第 1 のレーザ光 K 1 は半波長板 5 6 に入射され、偏波面を 90 度回転させた後、偏波合成部材 5 7 の第 1 のポート 5 7 a に入射され、第 2 のレーザ光 K 2 は偏波合成部材 5 7 の第 2 のポート 5 7 b に入射される。

#### 【0088】

偏波合成部材 5 7 では、第 1 のポート 5 7 a から入射される第 1 のレーザ光 K

1 と第 2 のポート 5 7 b から入射される第 2 のレーザ光 K 2 とが合波されて第 3 のポート 5 7 c から出射される。

#### 【0089】

偏波合成部材 5 7 から出射されたレーザ光は、第 2 レンズ 6 6 によって集光され、フェルルール 7 3 によって保持された光ファイバ 5 8 の端面に入射され外部に送出される。また、光ファイバ 5 8 の光反射部 6 5 によってレーザ光の一部が反射され、反射された光は、半導体レーザ装置 5 2 に帰還され、半導体レーザ装置 5 2 と光反射部 6 5 との間で外部共振器が構成されるので、光反射部 6 5 によって決定される波長帯でのレーザ発振が可能となる。

#### 【0090】

一方、半導体レーザ装置 5 2 の後側端面 2 b から出射されたモニタ用のレーザ光は、フォトダイオード 5 3 によって受光され、フォトダイオード 5 3 の受光量等を算出することにより半導体レーザ装置 5 2 の光出力等を調整する。

#### 【0091】

実施の形態 3 に係る半導体レーザモジュールによれば、半導体レーザ装置 5 2 から第 1 のレーザ光 K 1 及び第 2 のレーザ光 K 2 が出射され、半波長板 5 6 によって第 1 のレーザ光 K 1 の偏光面が 9 0 度回転し、偏波合波部材 5 7 によって第 1 のレーザ光 K 1 と第 2 のレーザ光 K 2 が偏波合成されるので、光ファイバ 5 8 からは高出力で、かつ偏光度の小さいレーザ光を出力することができる、また、光ファイバ 5 8 にファイバグレーティングからなる光反射部 6 5 が形成されているので、光ファイバ 5 8 から波長が固定されたレーザ光を出力することができる。従って、上記の半導体レーザモジュールを、高出力が要求されるエネルギードープ光ファイバ増幅器や、さらに低偏波依存性及び波長安定性が要求されるラマン増幅器の励起光源として適用することができる。

#### 【0092】

また、2 つのレーザ光を出射させる 2 つのストライプを備えた 1 個の半導体レーザ装置 5 2 だけを用いているので、半導体レーザ装置 5 2 の位置決め時間が短くなる。その結果、半導体レーザモジュールの製造時間を短縮化できる。

#### 【0093】

また、従来は2つの半導体レーザ装置からそれぞれ全く異なる軸方向に光が射出されるため、そのそれぞれの軸方向でのパッケージの反り等を考慮して半導体レーザモジュールを設計しなければ、環境温度の変化等によって生じたパッケージの反りによる光出力変動を抑制できなかったが、本実施形態例の構成によれば、1個の半導体レーザ装置から出力される2つの光はほぼ同じ方向に伝搬されるため、パッケージの反りの影響を1方向においてのみ抑制することにより、光ファイバ58から出力される光の強度の安定化を図ることができる。

#### 【0094】

また、1個の半導体レーザ装置から2つの光を出力することにより、これら2つの光はパッケージの反り等に対して、光ファイバ58との結合効率が同じ傾向で変動する。従って、温度変動等があった場合でも光ファイバ58から出力される光の偏光度が安定化する。

#### 【0095】

なお、本実施の形態3においては、実施の形態1にかかる半導体レーザ装置を用いて半導体レーザモジュールを構成することとしたが、これに限定されるものではない。たとえば、DFB、DBR等の波長選択手段を具備した半導体レーザ装置を用いても良いし、実施の形態2にかかる半導体レーザ装置を用いても良い。しかも、このような半導体レーザ装置を用いることは、光ファイバ増幅器に使用する際にグレーティングを必要としないという利点を有するためむしろ好ましい。

#### 【0096】

実施の形態4.

次に、実施の形態4にかかる光ファイバ増幅器について説明する。実施の形態4にかかる光ファイバ増幅器は、ラマン増幅によって光増幅をおこなう。図14は、実施の形態4にかかる光ファイバ増幅器の構成を示すブロック図である。

#### 【0097】

図14に示すように、実施の形態4にかかる光ファイバ増幅器は、信号光が入力される入力部79と、信号光が出力される出力部80と、入力部79と出力部80との間で信号光を伝送する光ファイバ（増幅用ファイバ）81と、励起光を

発生させる励起光発生部 8 2 と、励起光発生部 8 2 によって発生された励起光と光ファイバ（増幅用ファイバ） 8 1 に伝送される信号光とを合波する WDM カプラ 8 3 とを有する。入力部 7 9 と WDM カプラ 8 3 との間および出力部 8 0 と WDM カプラ 8 3 との間には、入力部 7 9 から出力部 8 0 への方向の信号光だけを透過させる光アイソレータ 8 4 がそれぞれ設けられている。

#### 【0 0 9 8】

励起光発生部 8 2 は、互いに波長帯の異なるレーザ光を出射する実施の形態 3 にかかる半導体レーザモジュール M と、半導体レーザモジュール M から出射されたレーザ光を合成する WDM カプラ 8 5 とを有する。

#### 【0 0 9 9】

半導体レーザモジュール M から出射された励起光は、WDM カプラ 8 5 によって合成され、励起光発生部 8 2 の出力光となる。

#### 【0 1 0 0】

励起光発生部 8 2 で発生した励起光は、WDM カプラ 8 3 により光ファイバ 8 1 に結合され、一方、入力部 7 9 から入力された信号光は、光ファイバ 8 1 で励起光と合波されて増幅され、WDM カプラ 8 3 を通過し、出力部 8 0 から出力される。

#### 【0 1 0 1】

本実施の形態 4 にかかる光ファイバ増幅器は、実施の形態 3 にかかる半導体レーザモジュールを用いることにより、DOP が低減され、信号光の偏波方向に依存しない、安定かつ高利得な光増幅をおこなうことができる。

#### 【0 1 0 2】

また、半導体レーザ装置が W ストライプ構造からなるため、本実施の形態にかかる光ファイバ増幅器は、製造が容易で、かつ小型化することができる。

#### 【0 1 0 3】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 の発明によれば、W ストライプ構造を有する半導体レーザ装置において、一方のストライプ構造上面に非電流注入領域を有することとしたため、双方のストライプ構造における共振器長が異なるものとなり、

第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光の出射波長および縦モード間隔を異ならせることができるという効果を奏する。

【0 1 0 4】

また、請求項 2 の発明によれば、電極を配置しない領域を設けることにより非電流注入領域を形成することとしたため、簡易に非電流注入領域を形成することができるという効果を奏する。

【0 1 0 5】

また、請求項 3 の発明によれば、部分回折格子を備えたことで所定の中心波長を有し、複数の発振縦モードを有するレーザ光を選択することができるとともに、非電流注入領域を有することで第 1 のストライプ構造と第 2 のストライプ構造とで異なる中心波長を選択することができるという効果を奏する。

【0 1 0 6】

また、請求項 4 の発明によれば、第 1 の回折格子が非電流注入領域下部に配置されていることにより第 1 の回折格子には注入電流が流入せず、屈折率変化も起こらないことから選択する中心波長を変化させないことができるという効果を奏する。

【0 1 0 7】

また、請求項 5 の発明によれば、上記の半導体レーザ装置から出射される第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光を偏波合成して光ファイバに出力することにより、DOP が低減されたレーザ光を出射することができるという効果を奏する。

【0 1 0 8】

また、請求項 6 の発明によれば、上記の半導体レーザ装置もしくは半導体レーザモジュールを使用することとしたため、DOP が低減されたレーザ光を励起光として使用した光ファイバ増幅器を提供することができるという効果を奏する。

【0 1 0 9】

また、請求項 7 の発明によれば、DOP が低減されたレーザ光を励起光として用いることとしたため、信号光の偏波方向に依存しない高い利得を得ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

**【図 1】**

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。

**【図 2】**

図 1 に示した半導体レーザ装置の A-A 線断面図である。

**【図 3】**

図 1 に示した半導体レーザ装置の B-B 線断面図である。

**【図 4】**

実施の形態 1 の変形例にかかる半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。

**【図 5】**

実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。

**【図 6】**

(a) は図 5 に示した半導体レーザ装置の A-A 線断面図であり、(b) は図 5 に示した半導体レーザ装置の B-B 線断面図である。

**【図 7】**

図 5 に示した半導体レーザ装置において、1つの中心波長に関する発振波長スペクトルと発振縦モードとの関係図である。

**【図 8】**

単一発振縦モードと複数発振縦モードとのレーザ光出力パワーの関係および誘導ブリルアン散乱のしきい値を示す図である。

**【図 9】**

実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置から発振される 2つの中心波長を有するレーザ光からなる複合発振波長スペクトルと、複数の発振縦モードを示す図である。

**【図 10】**

実施の形態 3 にかかる半導体レーザモジュールの構造を示す側面断面図である。

**【図 11】**

実施の形態 3 にかかる半導体レーザモジュールの構造を模式化して示す説明図

である。

【図 12】

(a) はプリズムの構成を示す側面図であり、(b) はその平面図である。

【図 13】

(a) はプリズム、半波長板および偏波合成部材を固定するホルダを示す平面図であり、(b) はその側面断面図であり、(c) はその平面図である。

【図 14】

実施の形態 4 にかかる光ファイバ増幅器の構造を示すブロック図である。

【図 15】

従来技術にかかる光ファイバ増幅器の構造を示すブロック図である。

【符号の説明】

- 1    n-InP 基板
- 2    n-InP クラッド層
- 3 a、3 b    下部 GRIN-SCH 層
- 4 a、4 b    活性層
- 5 a、5 b    上部 GRIN-SCH 層
- 6    p-InP クラッド層
- 7    p-InGaAsP コンタクト層
- 8、8 a、8 b    p 側電極
- 9    p-InP ブロッキング層
- 10    n-InP ブロッキング層
- 11    n 側電極
- 12    高反射膜
- 13    低反射膜
- 14    非電流注入領域
- 15、16、18 a、18 b    ストライプ
- 17 a、17 b    p-InP スペーサ層
- 20    絶縁膜
- 21    分離溝



- 2 3 a、2 3 b 回折格子
- 3 0 発振波長スペクトル
- 3 1 ~ 3 3 発振縦モード
- 4 5 複合発振波長スペクトル
- 5 1 パッケージ
  - 5 1 a フランジ部
  - 5 1 b 窓部
  - 5 1 c 蓋
  - 5 1 d 中間部材
- 5 2 半導体レーザ装置
- 5 3 フォトダイオード
- 5 4 第 1 レンズ
- 5 5 プリズム
- 5 6 半波長板
- 5 7 偏波合成部材
  - 5 7 a 第 1 のポート
  - 5 7 b 第 2 のポート
  - 5 7 c 第 3 のポート
- 5 8 光ファイバ
- 6 1 チップキャリア
- 6 2 フォトダイオードキャリア
- 6 3 第 1 のレンズ保持部材
- 6 4 ホルダ部材
- 6 5 光反射部
- 6 6 第 2 レンズ
- 6 7 第 1 の基台
- 6 8 第 2 の基台
- 6 9 a 第 1 の支持部材
- 6 9 b 第 2 の支持部材

7 0 冷却装置

7 0 a サーミスタ

7 1 第 2 のレンズ保持部材

7 2 スライドリング

7 3 フェルール

7 9 入力部

8 0 出力部

8 1 光ファイバ

8 2 励起光発生部

8 3 WDMカプラ

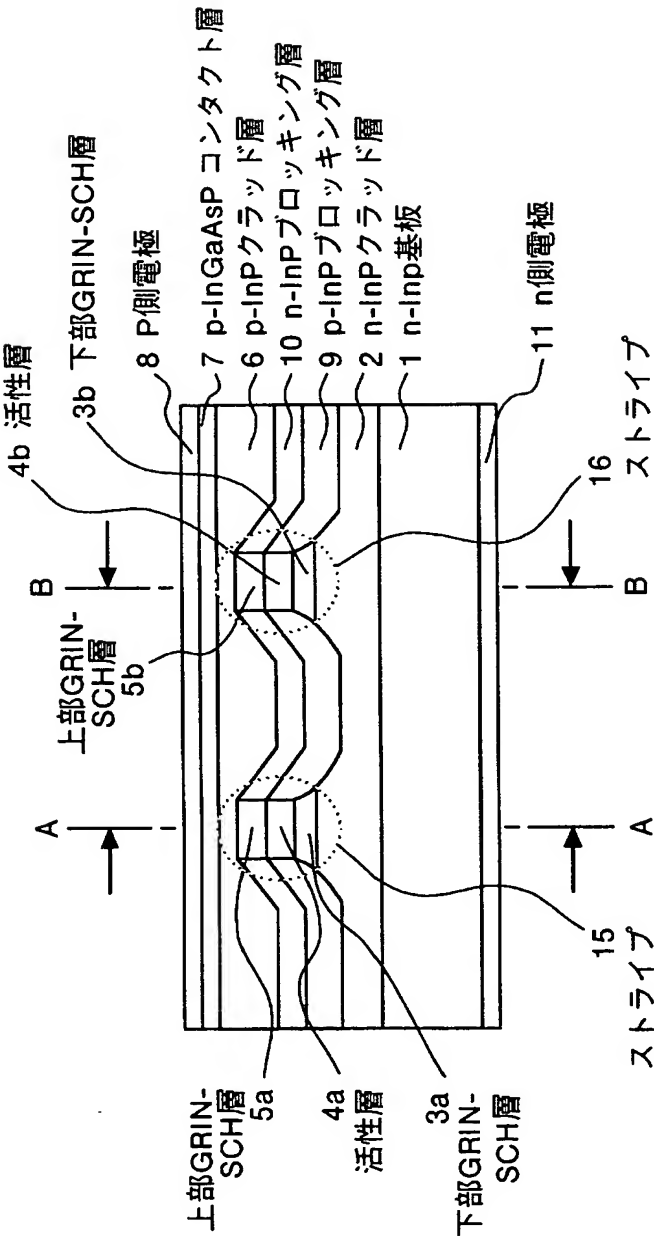
8 4 光アイソレータ

8 5 WDMカプラ

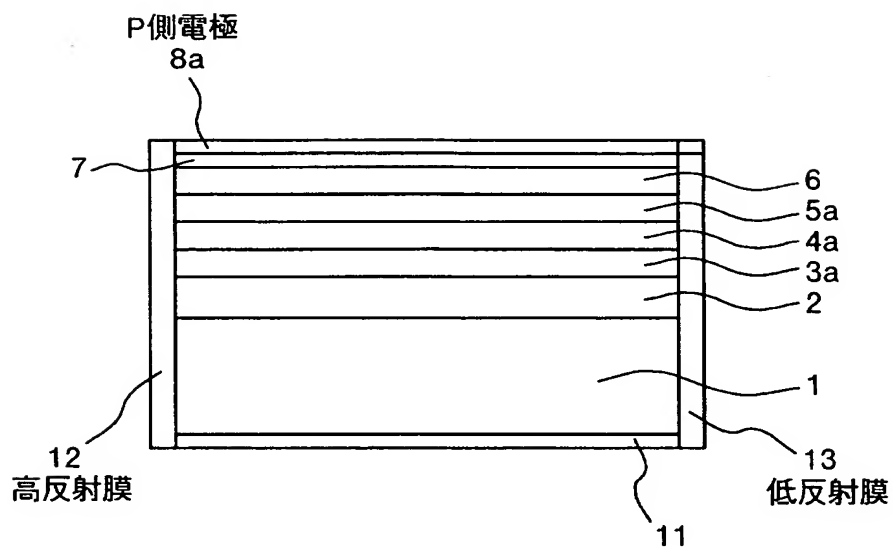
【書類名】

図面

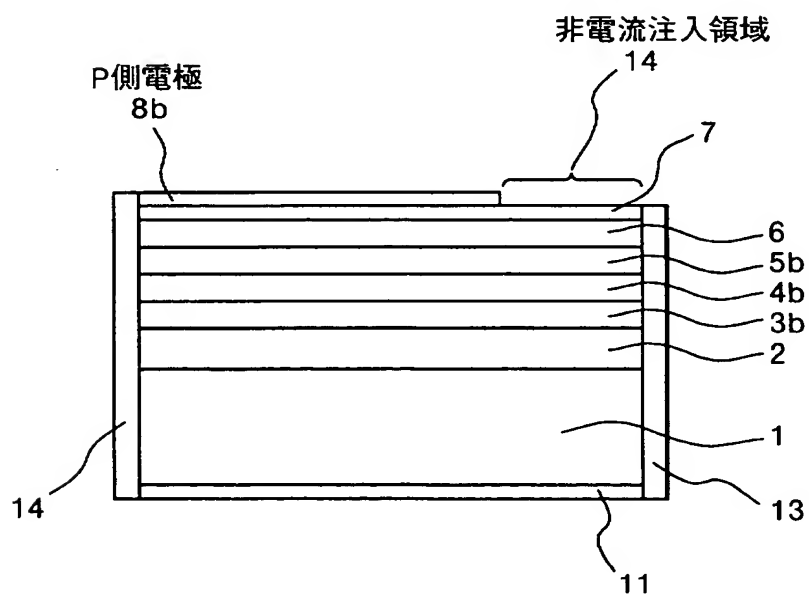
【図 1】



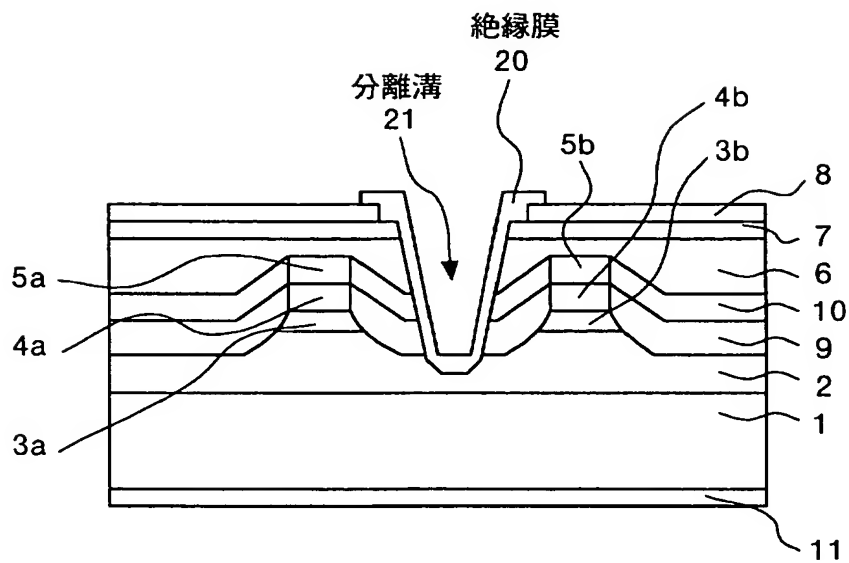
【図 2】



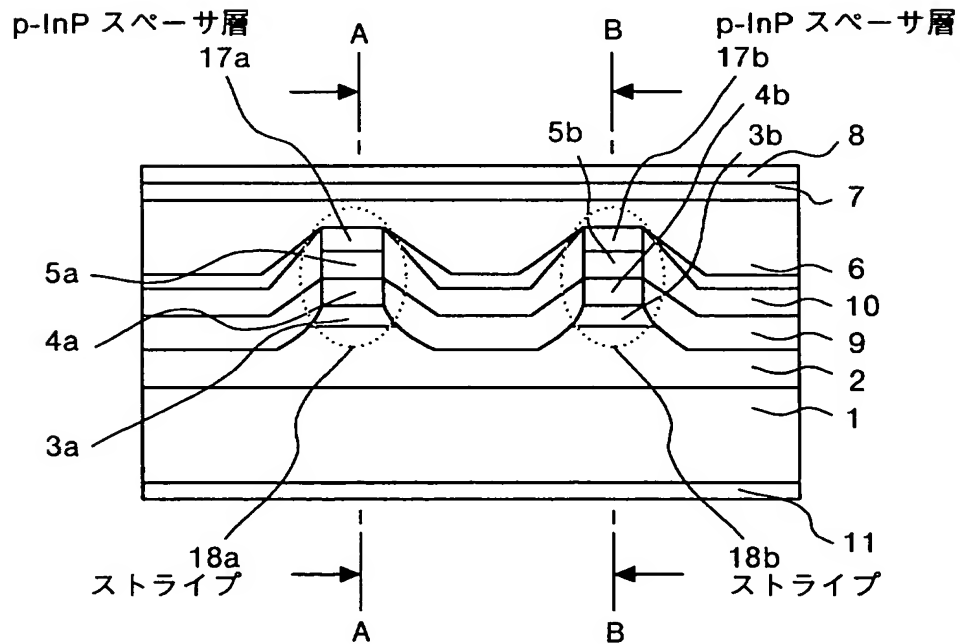
【図 3】



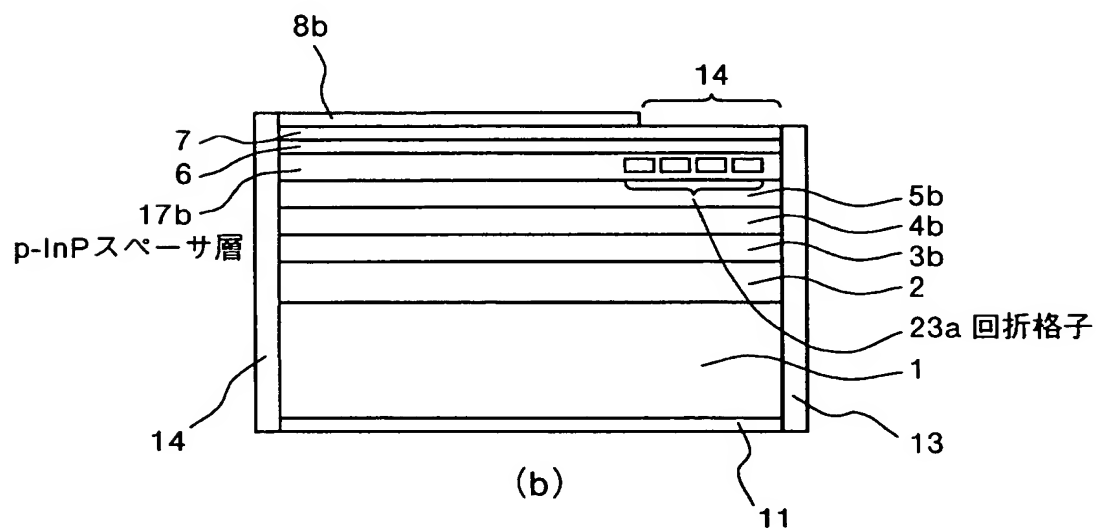
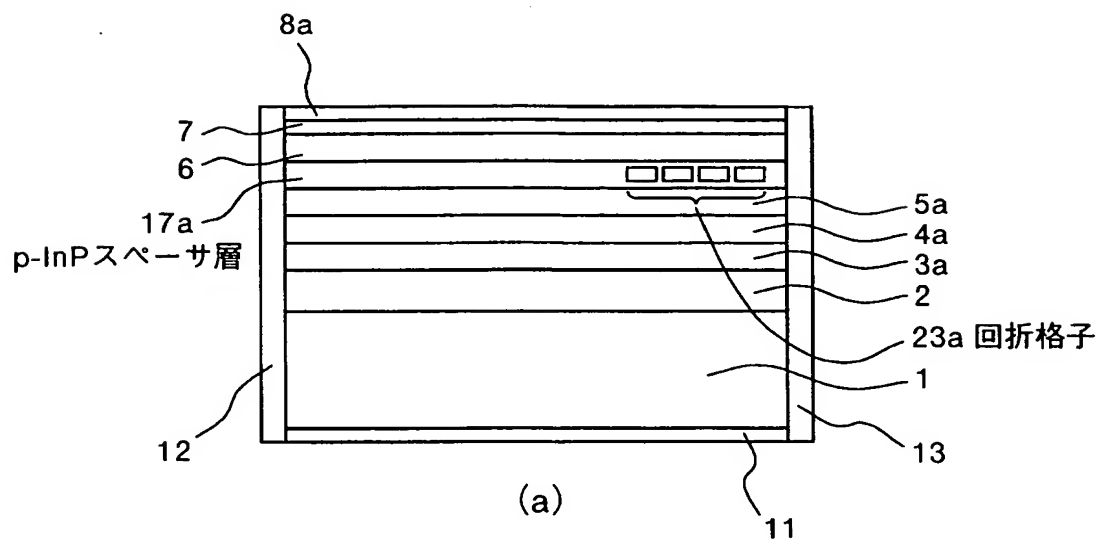
【図 4】



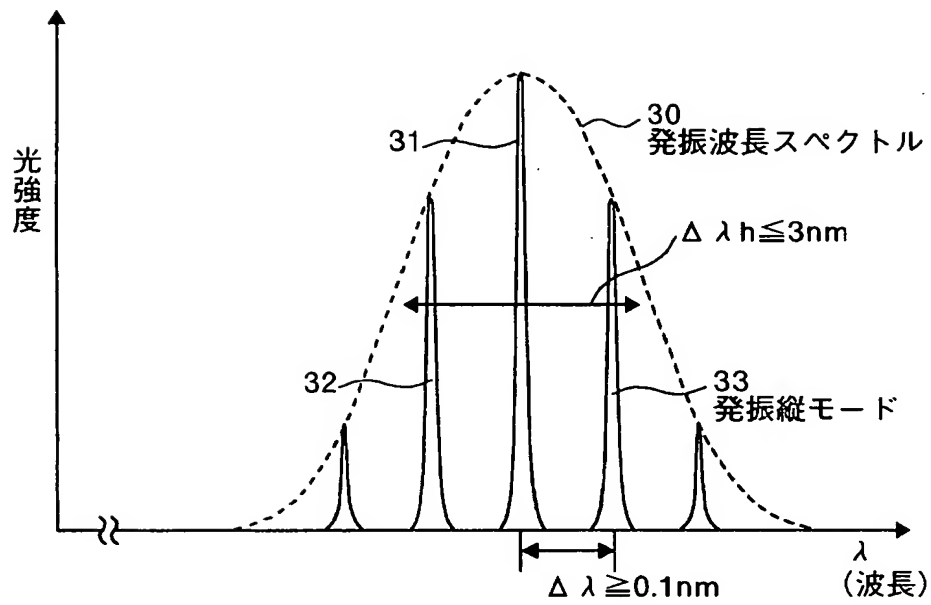
【図 5】



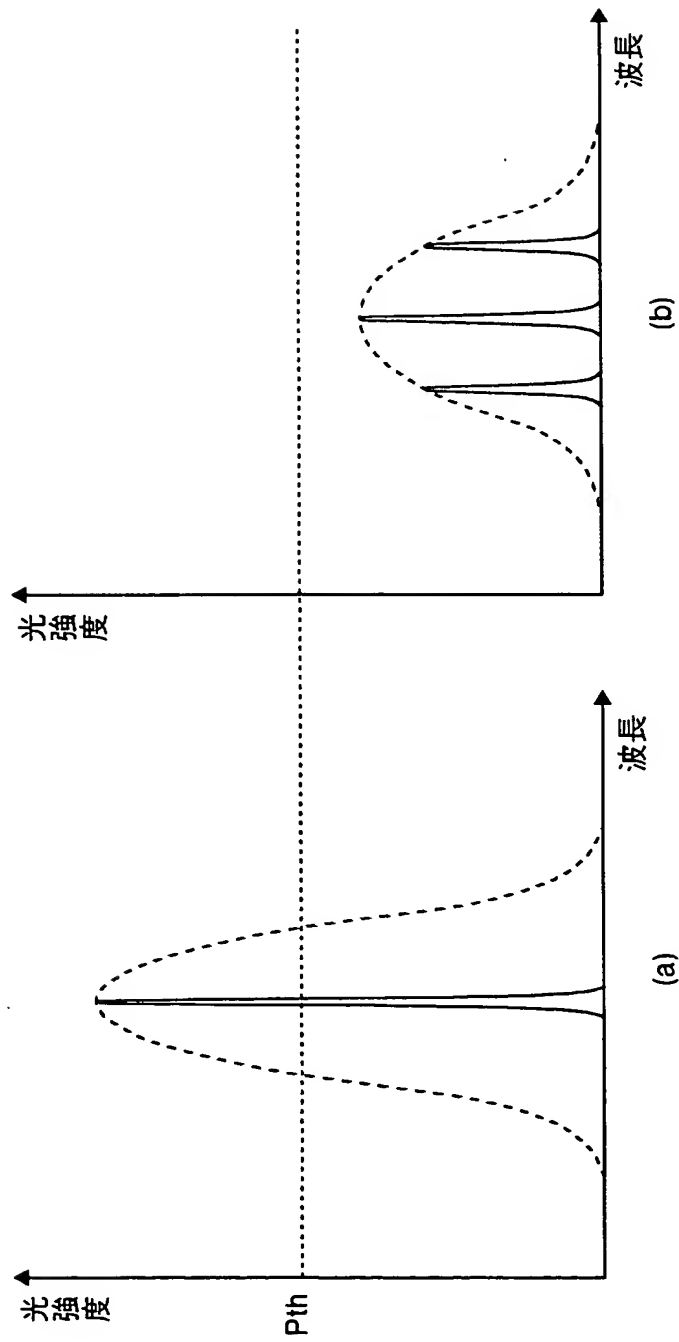
【図 6】



【図 7】

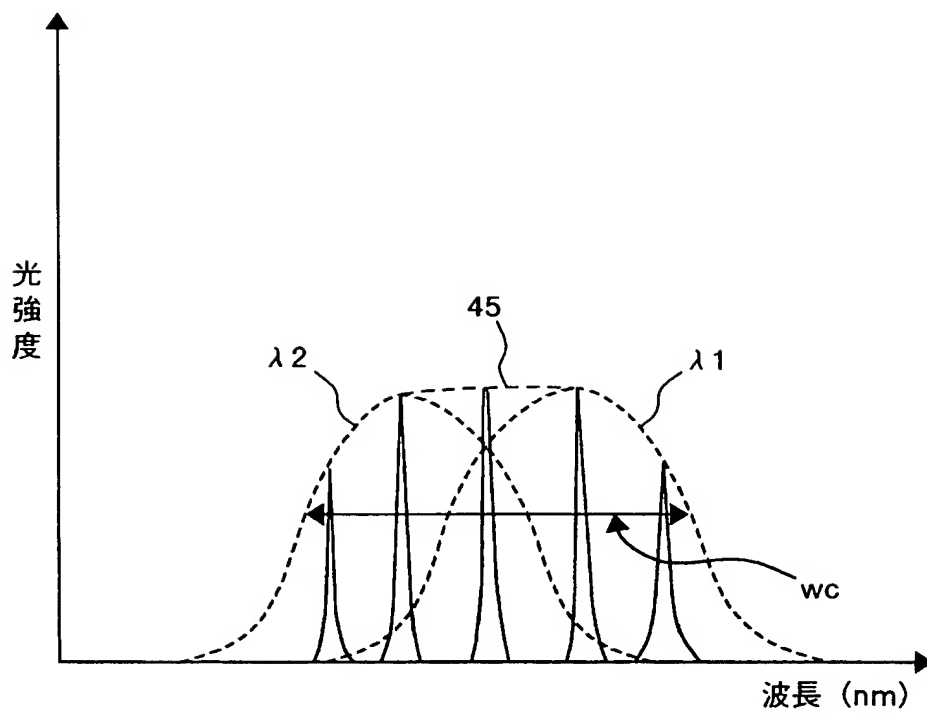


【図 8】

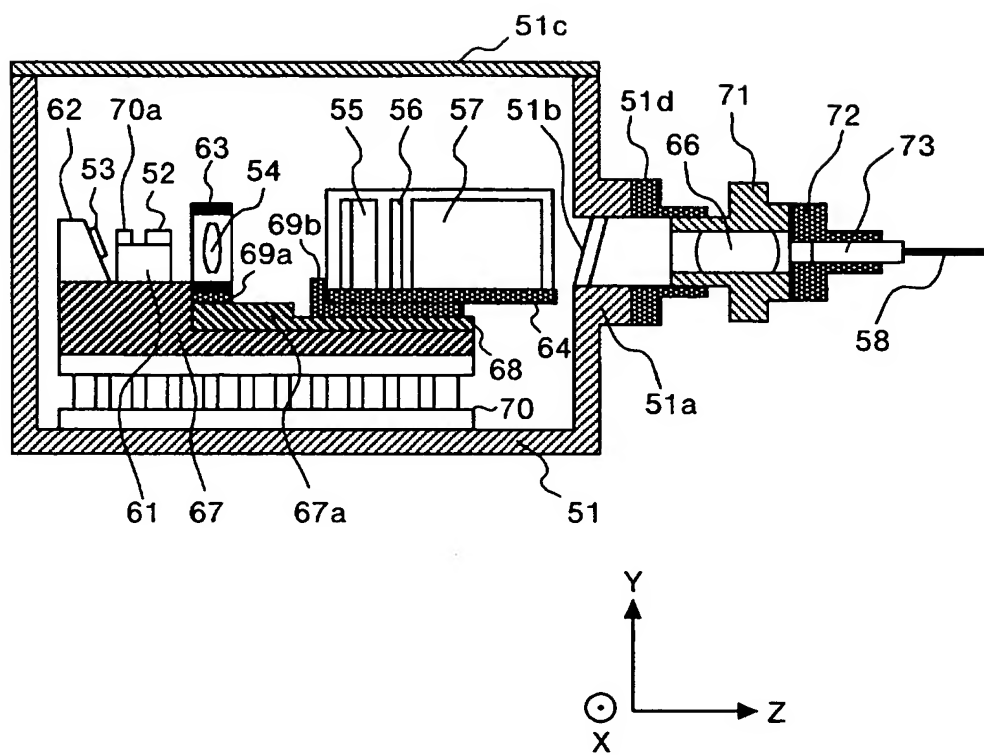




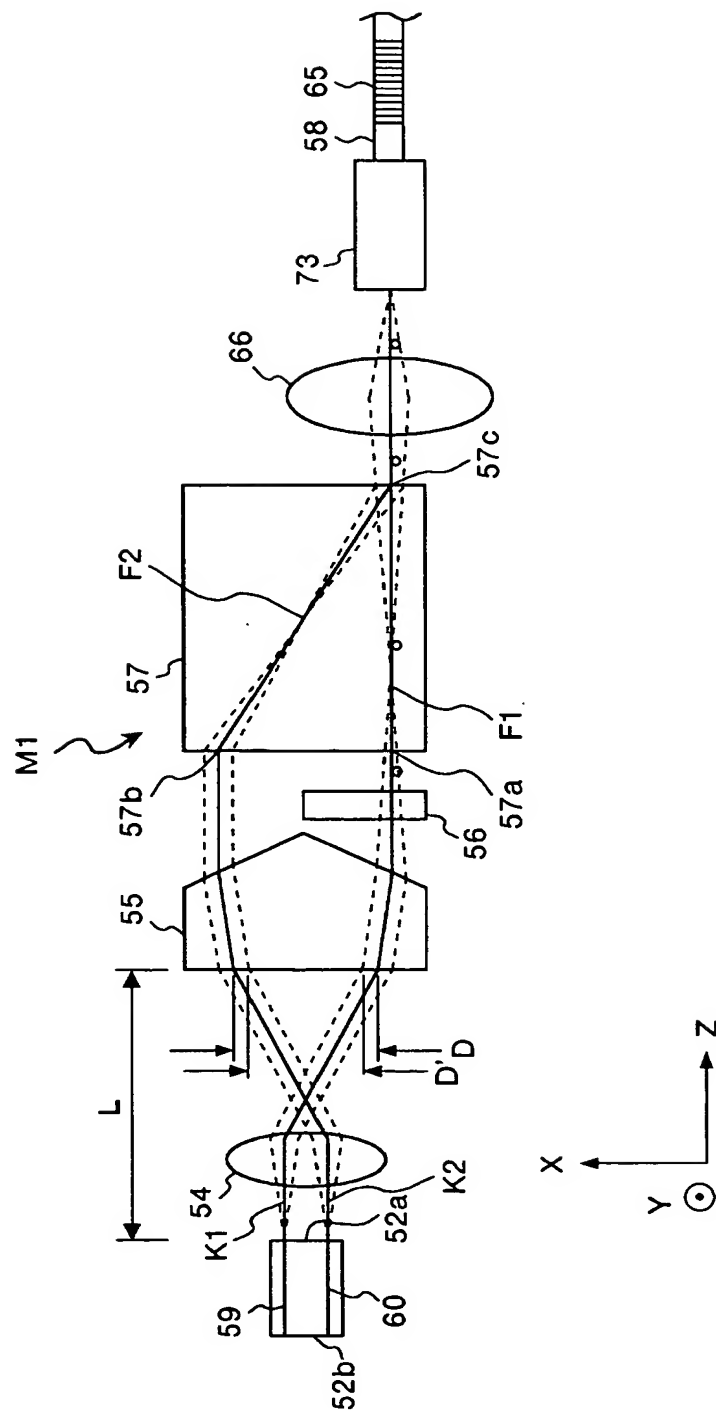
【図 9】



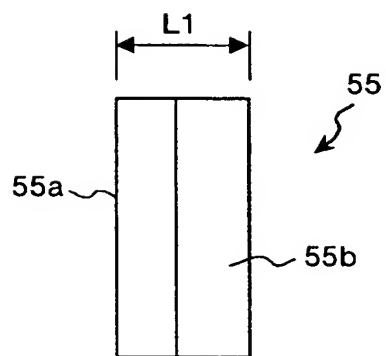
【図 10】



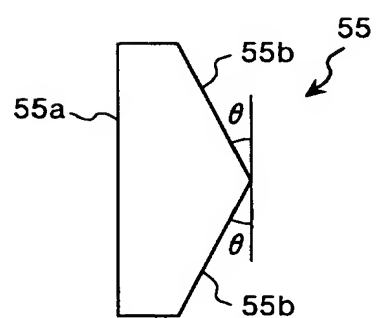
【図 11】



【図 1 2】

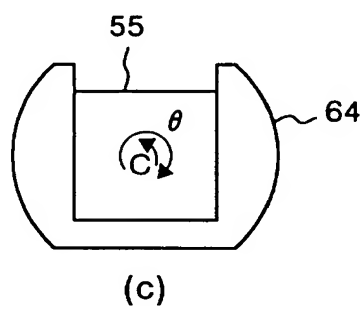
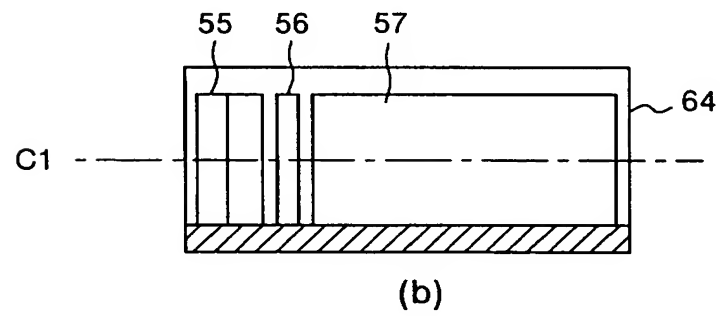
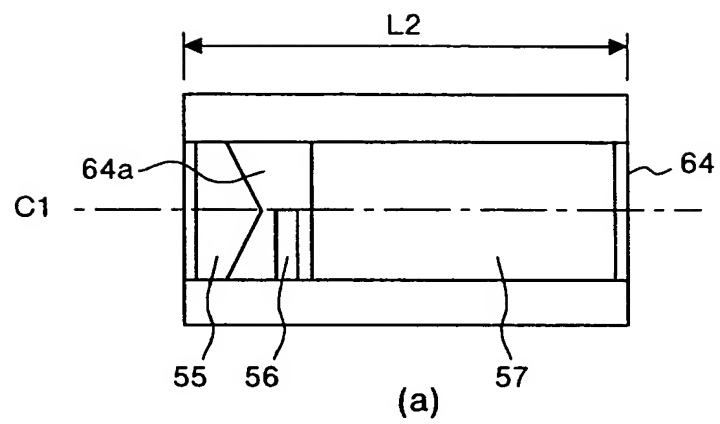


(a)

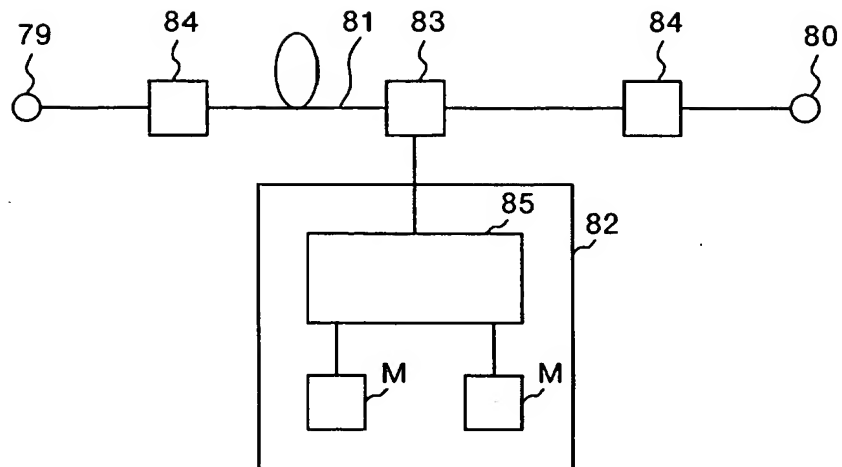


(b)

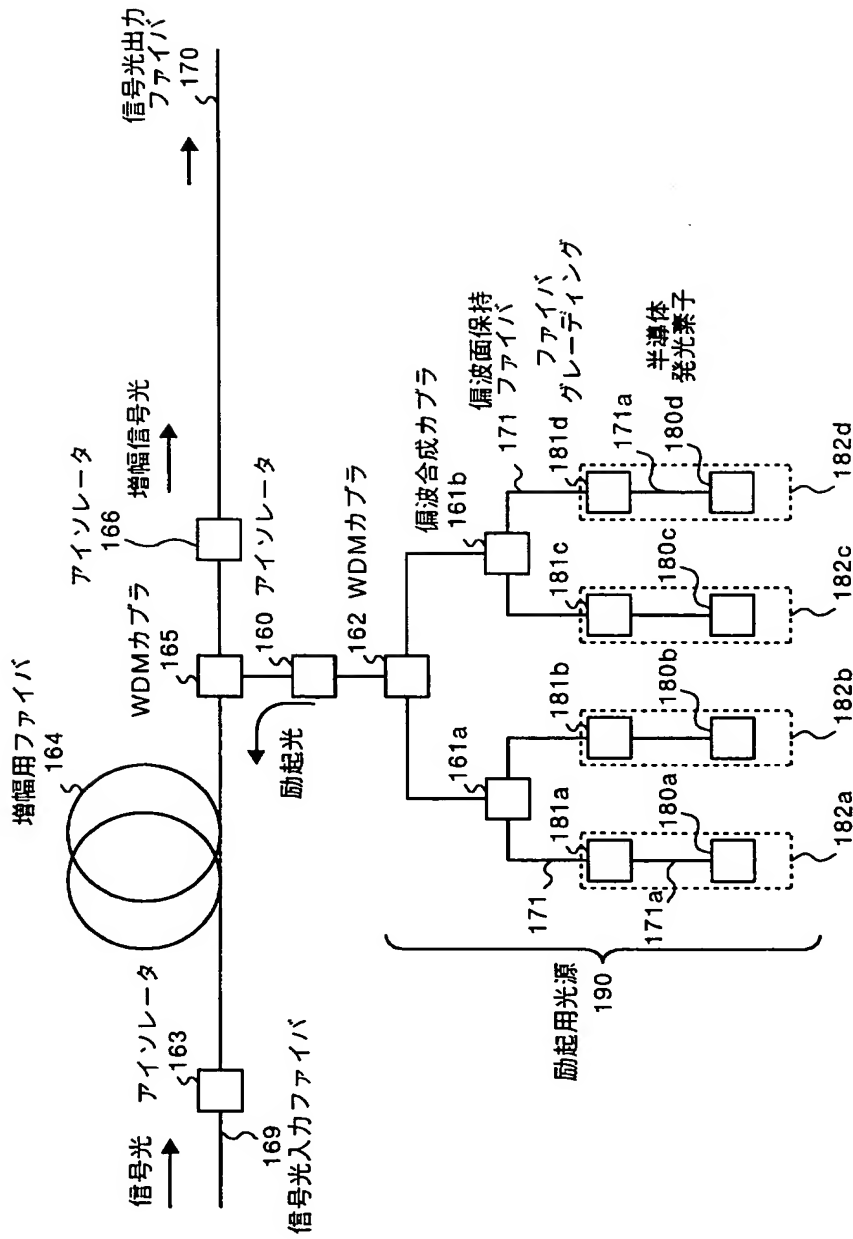
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ラマン増幅器などの励起用光源に適し、小型でしかも製造が容易で、信号光の偏派方向に依存しない安定かつ高利得増幅を可能とする半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールおよびこれを用いた光ファイバ増幅器を提供する。

【解決手段】 2つの活性層ストライプ構造を有する半導体レーザ装置において、一方のストライプ構造を含む側面断面を、 $n$ -InP基板1、 $n$ -InPクラッド層2、下部GRIN-SCH層3b、活性層4b、上部GRIN-SCH層5b、 $p$ -InPクラッド層6、 $p$ -InGaAsPコンタクト層7の順に積層した構造を有する。また、反射側端面には高反射膜12を配置し、出射側端面には低反射膜13を配置し、 $p$ -InGaAsPコンタクト層7の上部には一部のみに $p$ 側電極8bを配置して他の領域上には非電流注入領域14を形成する。

【選択図】 図3



特願 2 0 0 1 - 3 0 4 4 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 9 0 ]

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日     |
| [変更理由]   | 新規登録                    |
| 住 所      | 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 |
| 氏 名      | 古河電気工業株式会社              |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**